

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日            2 0 0 3 年   1 月 2 1 日  
Date of Application:

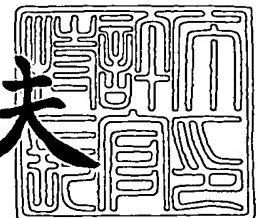
出 願 番 号            特 願 2 0 0 3 - 0 1 2 1 4 7  
Application Number:  
[ST. 10/C]:            [ J P 2 0 0 3 - 0 1 2 1 4 7 ]

出   願   人            株式会社半導体エネルギー研究所  
Applicant(s):

2 0 0 3 年 1 2 月   2 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号   出証特 2 0 0 3 - 3 0 9 9 5 2 9

【書類名】 特許願

【整理番号】 P006914

【提出日】 平成15年 1月21日

【あて先】 特許庁長官 太田 信一郎 殿

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

    【氏名】 田中 幸一郎

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

    【氏名】 磯部 敦生

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

    【氏名】 森若 智昭

【特許出願人】

    【識別番号】 000153878

    【氏名又は名称】 株式会社半導体エネルギー研究所

    【代表者】 山崎 舜平

【手数料の表示】

    【予納台帳番号】 002543

    【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

    【物件名】 明細書 1

    【物件名】 図面 1

    【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

**【書類名】 明細書**

**【発明の名称】** レーザ照射方法及び半導体装置の作製方法、並びにレーザ照射装置。

**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

レーザ発振器で発振したレーザ光を、走査ステージに設置された被照射対象物の表面を被照射面として、前記被照射面において線状又は楕円状のビームスポットとなるように整形し、前記レーザ光を照射しながら、前記走査ステージを前記線状または楕円状の短幅方向に相対的に走査させ、前記被照射対象物をレーザ照射するレーザ照射方法であって、

前記ビームスポットのエネルギー密度が中心部に比べて低い部分を、前記被照射対象物の上方に配置された遮光膜により遮光されるように前記被照射対象物と前記ビームスポットの位置を制御しながら照射することを特徴とするレーザ照射方法。

**【請求項 2】**

請求項 1 において、前記遮光膜の表面と前記被照射対象物の表面との距離は  $10\ \mu\text{m}$  以下とすることを特徴とするレーザ照射方法。

**【請求項 3】**

請求項 1 において、前記遮光膜の表面と前記被照射対象物の表面との距離は  $1\ \mu\text{m}$  以下とすることを特徴とするレーザ照射方法。

**【請求項 4】**

請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか一項において、前記遮光膜を金属膜で形成することを特徴とするレーザ照射方法。

**【請求項 5】**

請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか一項において、前記レーザ光を発生させる発振器は連続発振の固体レーザであることを特徴とするレーザ照射方法。

**【請求項 6】**

請求項 1 乃至請求項 5 のいずれか一項において、前記レーザ光を発生させる発振器は連続発振の YAG レーザ、YVO<sub>4</sub> レーザ、YLF レーザ、YAlO<sub>3</sub> レー

ザ、 $Y_2O_3$ レーザ、アレキサンドライドレーザ、 $Ti$ ：サファイアレーザから選ばれた一種または複数種であることを特徴とするレーザ照射方法。

【請求項 7】

請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか一項において、前記レーザ光を発生させる発振器は連続発振の  $Ar$  レーザ、 $Kr$  レーザ、 $CO_2$  レーザから選ばれた一種または複数種であることを特徴とするレーザ照射方法。

【請求項 8】

請求項 1 乃至請求項 7 のいずれか一項において、前記レーザ光は第 2 高調波であることを特徴とするレーザ照射方法。

【請求項 9】

基板上に非単結晶半導体膜を形成する工程と、前記非単結晶半導体膜上に開口部を有する遮光膜を形成する工程と、レーザ発振器で発振したレーザ光を、前記非単結晶半導体膜を被照射面として、前記被照射面において線状または楕円状のビームスポットに整形して、前記ビームスポットの位置を移動させながら前記非単結晶半導体膜をレーザアニールする工程とを有し、

前記ビームスポットのエネルギー密度が中心部に比べて低い部分を、前記遮光膜により遮光されるようにして、前記非単結晶半導体膜のレーザアニールを行うことを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 10】

請求項 9 において、前記遮光膜の表面と前記半導体膜の表面との距離は  $10\ \mu m$  以下で形成することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 11】

請求項 9 において、前記遮光膜の表面と前記半導体膜の表面との距離は  $1\ \mu m$  以下で形成することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 12】

請求項 9 乃至請求項 11 のいずれか一項において、前記遮光膜には金属膜で形成することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 13】

基板上に非単結晶半導体膜を形成する工程と、前記非単結晶半導体膜上に汚染

防止膜を形成する工程と、前記非単結晶半導体膜上に開口部を有する遮光膜を形成する工程と、レーザ発振器で発振したレーザ光を、前記非単結晶半導体膜を被照射面として、前記被照射面において線状または楕円状のビームスポットに整形して、前記ビームスポットの位置を移動させながら前記非単結晶半導体膜をレーザアニールする工程とを有し、

前記ビームスポットのエネルギー密度が中心部に比べて低い部分を、前記遮光膜により遮光されるようにして、前記非単結晶半導体膜のレーザアニールを行うことを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 14】

請求項 13 において、前記遮光膜の表面と前記半導体膜の表面との距離は  $10\ \mu\text{m}$  以下で形成することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 15】

請求項 13 において、前記遮光膜の表面と前記半導体膜の表面との距離は  $1\ \mu\text{m}$  以下で形成することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 16】

請求項 13 乃至請求項 15 のいずれか一項において、前記遮光膜には金属膜で形成することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 17】

請求項 13 乃至請求項 16 のいずれか一項において、前記汚染防止膜にはシリコン酸化膜で形成することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 18】

請求項 9 乃至請求項 17 のいずれか一項において、前記レーザ光を発生させる発振器は連続発振の固体レーザであることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 19】

請求項 9 乃至請求項 18 のいずれか一項において、前記レーザ光を発生させる発振器は連続発振の YAG レーザ、YVO<sub>4</sub> レーザ、YLF レーザ、YAlO<sub>3</sub> レーザ、Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> レーザ、アレキサンドライドレーザ、Ti : サファイアレーザから選ばれた一種または複数種であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 20】

請求項 9 乃至請求項 1 7 のいずれか一項において、前記レーザ光を発生させる発振器は連続発振の A r レーザ、K r レーザ、C O<sub>2</sub>レーザから選ばれた一種または複数種であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 2 1】

請求項 9 乃至請求項 2 0 のいずれか一項において、前記レーザ光は第 2 高調波であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 2 2】

レーザ発振器と、前記レーザ発振器から射出されるレーザ光を被照射面におけるビームスポットが線状または楕円状になるように加工する光学系と、被照射面上に成膜した遮光膜によってビームスポットの一部を遮光し、前記被照射面に前記ビームスポットの他の一部が照射されるよう照射位置を調整する手段と、を有していることを特徴とするレーザ照射装置。

【請求項 2 3】

請求項 2 2 において、前記遮光膜は金属膜であることを特徴とするレーザ照射装置。

【請求項 2 4】

請求項 2 2 及び請求項 2 3 において、前記レーザ発振器は連続発振の固体レーザであることを特徴とするレーザ照射装置。

【請求項 2 5】

請求項 2 2 乃至請求項 2 5 のいずれか一項において、前記レーザ発振器は連続発振の Y A G レーザ、Y V O<sub>4</sub>レーザ、Y L F レーザ、Y A l O<sub>3</sub>レーザ、Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>レーザ、アレキサンドライドレーザ、T i : サファイアレーザから選ばれた一種または複数種であることを特徴とするレーザ照射装置。

【請求項 2 6】

請求項 2 2 及び請求項 2 3 において、前記レーザ発振器は連続発振の A r レーザ、K r レーザ、C O<sub>2</sub>レーザから選ばれた一種または複数種であることを特徴とするレーザ照射装置。

【請求項 2 7】

請求項 2 2 乃至請求項 2 6 のいずれか一項において、前記レーザ光は第 2 高調

波であることを特徴とするレーザ照射装置。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は、レーザ照射方法及びそれを用いた半導体装置の作製方法、並びにレーザ照射装置に関し、特に半導体膜などの薄膜の加工に利用することのできる技術に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

近年、基板上に薄膜トランジスタ（以下、T F Tと記す）を製造する技術が大幅に進歩し、アクティブマトリクス型の表示装置への応用開発が進められている。特に、多結晶半導体膜を用いたT F Tは、従来の非晶質半導体膜を用いたT F Tよりも電解効果移動度（モビリティともいう）が高いので、高速動作が可能である。そのため、従来基板の外に設けられた駆動回路で行っていた画素の制御を、画素と同一の基板上に形成した駆動回路で行うことが試みられている。

【 0 0 0 3 】

ところで半導体装置に用いる基板は、コストの面から単結晶シリコン基板よりも、ガラス基板が有望視されている。ガラス基板は耐熱性に劣り、熱変形しやすいため、ガラス基板上にポリシリコンT F Tを形成する場合には、ガラス基板の熱変形を避けるために、半導体膜の結晶化にレーザアニールが用いられる。

【 0 0 0 4 】

レーザアニールの特徴は、輻射加熱或いは伝導加熱を利用するアニール法と比較して処理時間を大幅に短縮できることや、半導体基板又は半導体膜を選択的、局所的に加熱して、基板に殆ど熱的損傷を与えないことなどが上げられている。

【 0 0 0 5 】

なお、ここでいうレーザアニール法とは、半導体基板又は半導体膜に形成された損傷層やアモルファス層を再結晶化する技術や、基板上に形成された非晶質半導体膜を結晶化させる技術を指している。また、半導体基板又は半導体膜の平坦化や表面改質に適用される技術も含んでいる

## 【0006】

レーザアニールに用いられるレーザはその発振方法により、パルス発振と連続発振の2種類に大別される。近年では、半導体膜の結晶化においてパルス発振のレーザよりも連続発振のレーザを用いるほうが、半導体膜内に形成される結晶の粒径が大きくなることを見出されている。半導体膜内の結晶粒径が大きくなると、該半導体膜を用いて形成されるTFTチャネル領域に入る粒界の数が減るので移動度が高くなり、より高性能のデバイスの開発に利用できる。そのため、連続発振のレーザはにわかに脚光を浴び始めている。

## 【0007】

また、半導体または半導体膜のレーザアニールを行う際に、レーザ発振器から発せられたレーザ光を被照射面においてアスペクト比が10以上の線状または楕円状（アスペクト比が10以上の楕円は見た目上、ほとんど線とってよいことから、本明細書中では、線状と呼ぶこととする。）となるように光学系で成形して、ビームスポットを被照射面に対して走査させる方法が知られている。上記の方法によって基板へのレーザ光の照射を効率的に行うことができ、量産性を高めることができるため、工業的に好んで使用される（例えば、特許文献1参照）。

## 【0008】

【特許文献1】 特開平8-195357号公報

## 【0009】

## 【発明が解決しようとする課題】

基板上に成膜された半導体膜のレーザアニールを効率的に行うため、連続発振のレーザ発振器から射出されたレーザ光を、被照射面におけるビームスポット形状が線状になるよう光学系を用いて成形し、半導体膜に照射する方式が用いられている。線状のビームスポットの短幅方向に基板を設置した走査ステージを移動させ、半導体膜のレーザアニールを行う方法がよく用いられる。連続発振のレーザにより形成できるビームスポットのサイズは極めて小さく、半導体膜に吸収される波長域を持つレーザ発振器の中でも、最大出力に近い10Wのグリーンレーザを用いたとしても、そのサイズは500 $\mu$ m $\times$ 20 $\mu$ m程度の長楕円にしかない。このようなサイズのビームスポットを被照射面上で、前後左右に動かす



ことで前記被照射面上の必要な部分に対しレーザアニールを行う。

#### 【0010】

このとき、重量を持った走査ステージが高速（100 mm/s ～ 2000 mm/s 程度）で移動するため、前記移動に伴い振動が生じる。前記振動がビームスポットを形成する光学系及び装置を載せた防振台に伝わると、基板上に形成されるレーザ照射跡が直線的でなく振動を反映したうねりをもった形状になる。レーザ照射跡が波状にうねると、走査ステージの往復運動によって形成され、隣合うレーザ照射跡間に極端にオーバーラップ率が高い部分や、全くレーザ照射されない部分が生じてしまう。基板上には規則的な配列をもってTF Tが形成されるため、前述した部分に形成されたTF Tは電気特性が悪く、また電気特性のバラツキの原因ともなる。本発明はこのような振動による照射跡のうねりを抑制することを第1の課題とする。

#### 【0011】

また、図1にビームスポット111の半導体膜における照射跡を示す。半導体膜における前記ビームスポットの照射跡には大きく分類して、2つの結晶状態が形成される。領域A及びCには、パルス発振のエキシマレーザでレーザ結晶化を行った場合に形成される結晶に似た状態（以下この状態を、エキシマライクと呼ぶ）が形成され、領域Bには結晶粒径が前記パルスレーザで結晶化した場合と比較して大きい結晶状態（以下この状態を、大粒径と呼ぶ）が形成される。

#### 【0012】

半導体膜内の結晶粒径が大きくなると、該半導体膜を用いて形成されるTF Tのチャンネル領域における粒界の数が減るので移動度が高くなる。また、エキシマライクな領域に形成されるTF Tの移動度は、大粒径領域に形成されるTF Tの移動度よりも大きく劣る。つまり、大粒径領域に形成されるTF Tと、エキシマライクな領域に形成されるTF Tの電気特性には大きな差異が生じる。前記差異は基板面内の電気特性のバラツキを発生させる。本発明は、半導体膜上に形成されるエキシマライクな領域をできる限り小さくすることを第2の課題とする。

#### 【0013】

【課題を解決するための手段】

本発明は、被照射面である半導体膜上方にレーザ光が透過しない材質の膜（以下、遮光膜と呼ぶ）を配置することで、エキシマライクな領域の形成に相当するビーム部分を除去し、半導体膜上に大粒径領域のみ形成することを可能とし、また直線的なレーザ照射が可能なレーザ照射方法及びそれを用いた半導体装置の作製方法と、レーザ照射装置を提供する。

#### 【 0 0 1 4 】

図 2 は本発明の要旨を説明する図面であり、被照射面である半導体膜 1 2 3 の上方に遮光膜 1 2 2 を配置する。前記遮光膜 1 2 2 を配置することで、入射する光線 1 2 1 のエネルギー密度が低い部分、つまり、半導体膜に照射した場合にエキシマライク領域を形成する部分を強制的に遮光する。以上のように遮光膜 1 2 2 を配置することでエキシマライクな領域を形成することなく半導体膜を大粒径化することが可能となる。なお、遮光膜 1 2 2 は回折の影響を小さくするため可能な限り薄い膜を用いるのが好ましい。

#### 【 0 0 1 5 】

走査ステージの移動に伴う振動が引き起こす光学系の揺れは、ビームスポットの揺れを生み、レーザ照射跡にうねりをもたらす。遮光膜の開口部のレーザ光の走査方向と垂直な方向の幅を、ビームスポットの走査方向と垂直な方向の幅よりも小さくすることで、レーザ照射跡を直線的にすることができる。また、遮光膜を通過するレーザ光の半導体膜上におけるエネルギー密度がすべて大粒径化する値を超えるように遮光膜の幅を制御することで、大粒径化した多結晶シリコンを任意の領域に形成することができる。

#### 【 0 0 1 6 】

即ち、本発明に係るレーザ照射方法は、レーザ発振器で発振したレーザ光を、走査ステージに設置された被照射対象物の表面を被照射面として、前記被照射面において線状又は楕円状のビームスポットとなるように整形し、レーザ光を照射しながら走査ステージを線状又は楕円状の短幅方向に相対的に走査させ、被照射対象物をレーザ照射するレーザ照射方法であって、ビームスポットのエネルギー密度が中心部に比べて低い部分を、被照射対象物の上方に配置された遮光膜により遮光されるように、被照射対象物とビームスポットの位置を制御しながら照射

するものである。

#### 【0017】

ここで、遮光膜は金属膜などで形成し、遮光膜の表面と被照射対象物の表面との距離は、 $10\mu\text{m}$ 以下、好ましくは $1\mu\text{m}$ 以下とすることが望ましい。レーザー発振器としては、連続発振の固体レーザーを用いることが好ましく、YAGレーザー、YVO<sub>4</sub>レーザー、YLFレーザー、YAlO<sub>3</sub>レーザー、Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>レーザー、アレキサンドライドレーザー、Ti：サファイアレーザー、Arレーザー、Krレーザー、CO<sub>2</sub>レーザーから選ばれた一種を用いることができる。

#### 【0018】

本発明に係る半導体装置の作製方法は、基板上に非単結晶半導体膜を形成する工程と、非単結晶半導体膜上に、好ましくは汚染防止膜を形成した後、開口部を有する遮光膜を形成する工程と、レーザー発振器で発振したレーザー光を、非単結晶半導体膜の表面を被照射面として、前記被照射面において線状又は楕円状のビームスポットに整形し、前記ビームスポットの照射位置を移動させながら非単結晶半導体膜をレーザーアニールする工程とを有し、ビームスポットのエネルギー密度が中心部に比べて低い部分が、遮光膜によって遮光されるようにして、非単結晶半導体膜のレーザーアニールを行うものである。

#### 【0019】

ここで、遮光膜は金属膜などで形成し、また汚染防止膜はシリコン酸化膜などで形成し、遮光膜の表面と非単結晶半導体膜の表面との距離は、 $10\mu\text{m}$ 以下、好ましくは $1\mu\text{m}$ 以下とすることが望ましい。レーザー発振器としては、連続発振の固体レーザーを用いることが好ましく、YAGレーザー、YVO<sub>4</sub>レーザー、YLFレーザー、YAlO<sub>3</sub>レーザー、Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>レーザー、アレキサンドライドレーザー、Ti：サファイアレーザー、Arレーザー、Krレーザー、CO<sub>2</sub>レーザーから選ばれた一種を用いることができる。

#### 【0020】

本発明に係るレーザー照射装置は、レーザー発振器と、レーザー発振器から射出されるレーザー光を被照射面におけるビームスポットが線状又は楕円状になるように整形する光学系と被照射面上に形成した遮光膜によってビームスポットの一部を遮

光し、被照射面にビームスポットの他の一部が照射されるよう照射位置を調整する手段とを有しているものである。

#### 【0021】

レーザ発振器としては、連続発振の固体レーザを用いることが好ましく、YAGレーザ、YVO<sub>4</sub>レーザ、YLFレーザ、YAlO<sub>3</sub>レーザ、Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>レーザ、アレキサンドライドレーザ、Ti：サファイアレーザ、Arレーザ、Krレーザ、CO<sub>2</sub>レーザから選ばれた一種を用いることができる。

#### 【0022】

上記構成により、半導体膜の任意の領域を無駄なく大粒径化するレーザアニールが可能となる。

#### 【0023】

##### 【発明の実施の形態】

##### [実施形態1]

以下、本発明のレーザ照射装置の構成について図3を用いて説明する。

#### 【0024】

本発明のレーザ照射装置は、レーザ光を発振するレーザ発振器131を有している。なお、図3では1つのレーザ発振器131を設けている例について示しているが、本発明のレーザ照射装置が有するレーザ発振器はこの数に限定されない。レーザ発振器から出力される各レーザ光のビームスポットを互いに重ね合わせ、1つのビームスポットとして用いても良い。

#### 【0025】

レーザは、処理の目的によって適宜変えることが可能である。本発明では、公知のレーザを用いることができる。レーザは、連続発振の気体レーザもしくは固体レーザを用いることができる。気体レーザとして、Arレーザ、Krレーザ、CO<sub>2</sub>レーザなどがあり、固体レーザとして、YAGレーザ、YVO<sub>4</sub>レーザ、YLFレーザ、YAlO<sub>3</sub>レーザ、Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>レーザ、アレキサンドライドレーザ、Ti：サファイアレーザなどが挙げられる。基本波に対する高調波は、非線形光学素子を用いることで得ることができる。また、レーザ媒質に対するドーパント物質にはNd、Cr、Yb、Erなどが用いられる。

## 【0026】

またさらに、固体レーザから発せられた赤外レーザ光を非線形光学素子を使い、グリーンレーザ光に変換して用いたり、さらに別の非線形光学素子によって得られる紫外レーザ光を用いることもできる。

## 【0027】

本レーザ照射装置でレーザアニールする半導体膜が成膜された基板133について説明する。基板に半導体膜を成膜した後、基板上のTF Tが作製されない領域に、レーザ光が透過しない材質の膜（遮光膜134）を成膜する。例えば、レーザ光を反射するアルミニウム等の金属などを用いてもよい。また、前記金属の膜を用いた場合、レーザ照射による金属膜表面の酸化を防ぐため、金属膜の上に酸化膜を成膜してもよい。また、遮光膜に金属を用い、半導体膜への金属汚染の恐れが考えられる場合には、半導体膜と遮光膜の間に金属の侵入を防ぐ膜（本明細書において汚染防止膜と呼ぶ）を成膜するとよい。前期汚染防止膜には、SiO<sub>2</sub>等の酸化膜などを用いるのがよい。図5に酸化防止膜を半導体膜と遮光膜の間に成膜した例を示す。なお、半導体膜の上に汚染防止膜が成膜してある状態でレーザ照射を行ってもよい。

## 【0028】

前記遮光膜134は、光学系132によって成形される線状のビームスポットがすべて前記半導体膜に入射した場合に、エキシマライク領域を形成するビームスポット部分だけを切り取るような形状にするとよい。また、半導体膜上に形成されるレーザ照射跡のうねりの振幅分だけ、レーザ光が半導体膜に照射する幅を遮光膜を用いて狭くすることで、振動の影響を除去することができる。

## 【0029】

次に、レーザ光の回折の影響について考える。連続発振のレーザを用いてレーザアニールを行った場合、レーザ光の平均強度を1として、レーザ光が0.8～1.2の強度のときに半導体膜が大粒径化される。したがって、回折光の強度が平均強度と比較して、0.8～1.2である領域は、均一な結晶性をもつ半導体膜が得られる。

## 【0030】

遮光膜の表面と半導体膜の表面との距離が  $1\ \mu\text{m}$  及び  $10\ \mu\text{m}$  とした場合の、半導体膜上における回折光の光強度の計算結果を図 4 (b) 及び (c) に表す。遮光膜の表面と半導体膜の表面との距離を  $1\ \mu\text{m}$  とした場合、結晶性が不均一な領域は遮光膜の端から  $1\ \mu\text{m}$  以内に抑えることが可能である。また、遮光膜の表面と半導体膜の表面との距離を  $10\ \mu\text{m}$  とした場合、結晶性が不均一な領域は遮光膜の端から  $3\ \mu\text{m}$  以内に抑えることが可能である。

#### 【0 0 3 1】

レーザ発振器 1 3 1 から射出されたレーザ光は、基板 1 3 3 上におけるビームスポットの形状を線状に成形する光学系 1 3 2 に入射する。なおレーザ発振機から射出されるレーザ光の形状はレーザの種類によって異なる。YAGレーザの場合、射出されるレーザ光の形状はロッド形状が円筒形であれば円状となり、スラブ型であれば矩形状となる。なお、スラブ型のレーザから射出されるレーザ光は縦横でビームの広がり角が大きく異なるため射出口からの距離によって大きくビーム形状が変わる。このようなレーザ光を光学系により、成形することにより、所望の大きさの線状または楕円状のレーザ光をつくることができる。

#### 【0 0 3 2】

また、複数のレーザ発振器を用いる場合、前記光学系を用いて各レーザ発振器から出力されるビームスポットを互いに重ねあわせて 1 つのビームスポットを形成するようにしても良い。

#### 【0 0 3 3】

光学系 1 3 2 によって成形されたビームスポットを、半導体膜及び遮光膜 1 3 4 を成膜した基板 1 3 3 に照射する。以上のようにレーザ照射をおこなうことで、任意の領域を大粒径化するレーザアニールを行うことが可能となる。なお遮光膜 1 3 4 は、レーザアニールの終了後にエッチングすることにより取り除けばよい。

#### 【0 0 3 4】

以下に楕円状のビームスポットを成形する光学系の一例を図 6 を用いて説明する。半導体膜 1 6 1 に対して入射角が  $20^\circ$  になるようミラー 1 6 2 を用いて光軸を設定する。半導体膜 1 6 1 の上方  $20\text{mm}$  に置かれた焦点距離  $20\text{mm}$  の球

面レンズ 163 にレーザ光 164 を入射させる。以上の構成により、半導体膜状に  $500\mu\text{m} \times 20\mu\text{m}$  の楕円状のビームスポットを成形することができる。なお、使用するレーザ光の波長に合わせて球面レンズ 163 の硝材は BK7 とした。

#### 【0035】

以上の構成からなる本発明のレーザ照射装置を用いてレーザアニールを行うことにより電気特性のバラツキが低減され、移動度が高い TFT を得ることができる。

#### 【0036】

以下、本発明のレーザ照射装置を用いた本発明の半導体装置の作製方法について説明する。まず、基板として  $127 \times 127 \times 0.7\text{mm}$  のガラス基板（コーニング 1737）を用意する。この基板は  $600^\circ\text{C}$  までの温度であれば十分な耐久性がある。前記ガラス基板上に下地膜として酸化珪素膜を  $200\text{nm}$  成膜する。さらに、その上から非晶質珪素膜を  $55\text{nm}$  の厚さに成膜する。成膜は、共にスパッタ法にて行う。あるいはプラズマ CVD 法にて成膜してもよい。

#### 【0037】

上記成膜済の基板を、 $450^\circ\text{C}$  の窒素雰囲気中に 1 時間おく。本工程は非晶質珪素膜中の水素濃度を減らすための工程である。膜中の水素が多すぎると膜がレーザエネルギーに対して耐えきれないので本工程をいれる。前記膜内の水素の濃度は  $10^{20}/\text{cm}^3$  以下が適当である。ここで、 $10^{20}/\text{cm}^3$  とは、 $1\text{cm}^3$  あたりに水素原子が  $10^{20}$  個存在するという意味である。

#### 【0038】

本実施の形態では、レーザ発振器として、コヒーレント社製 LD 励起固体 YVO<sub>4</sub> レーザを使う。前記 YVO<sub>4</sub> レーザは、連続発振レーザである。前記 YVO<sub>4</sub> レーザの最大エネルギーは  $10\text{W}$ 、発振波長は  $532\text{nm}$  である。

#### 【0039】

レーザ光の照射は例えば、図 3 に示した基板 133 をのせたステージを線状または楕円状のビームスポットの短幅方向に走査させながら行う。このとき、被照射面におけるビームスポットのエネルギー密度や、走査のスピードは、実施者が

適宜決めればよい。

#### 【0040】

こうして、レーザアニール工程が終了する。上記工程を繰り返すことにより、多数の基板を処理できる。前記基板を利用して例えばアクティブマトリクス型の液晶ディスプレイを公知の方法に従って作製することができる。

#### 【0041】

上記の例では、非単結晶半導体膜には非晶質珪素膜を使ったが、本発明は他の非単結晶半導体にも適用できることが容易に推測できる。例えば、非単結晶半導体膜に非晶質珪素ゲルマニウム膜などの非晶質構造を有する化合物半導体膜を使用しても良い。あるいは、非単結晶半導体膜に多結晶珪素膜を使用してもよい。

#### 【0042】

##### [実施形態2]

被照射面上に成膜した遮光膜によってビームスポットの一部を遮光し、前記被照射面に前記ビームスポットの他の一部が照射されるよう照射位置を調整する方法について図7を用いて説明する。

#### 【0043】

半導体膜を成膜した基板174を走査ステージに設置する前に、半導体膜上に成膜した遮光膜175の両端に、基準マーカー176を遮光膜175をエッチングすることで形成する。前記基準マーカー176の形成は、遮光膜175のパターン形成と同時に行うのが効率的である。これにより、基準マーカー176と遮光膜175のパターンとの位置関係が決定される。

#### 【0044】

前記基準マーカー176を形成した基板174を走査ステージに設置した後、基準マーカー176の画像をCCDカメラ177を用いてパソコン等に取りこみ、基準マーカー176の位置座標を決定する。基準マーカーを2ヶ所に形成するのは、走査ステージの走査方向を決定するためである。なお、基準マーカー174はCCDカメラ177で画像認識可能であれば、半導体膜または基板上に直接形成してもよい。

#### 【0045】



基板上の任意の位置を、基準マーカー 1 7 6 からの相対座標で認識することで任意の領域をレーザ照射することが可能となる。したがって、遮光膜 1 7 5 のパターン形状に沿っての半導体膜のレーザアニールが可能となる。

#### 【0 0 4 6】

##### 【実施例】

本実施例では、第 2 高調波を整形して得られる長いビームを幾つか組み合わせ、より長いビームを整形し、さらに、基本波によりエネルギーの補助を施す例を図 8 に沿って示す。

#### 【0 0 4 7】

まず、図示しない LD 励起式の 1 0 W の連続レーザ発振器 (Nd : YVO<sub>4</sub> レーザ、第 2 高調波 (5 3 2 nm)) を 4 台用意する。前記レーザ発振器は、TEM<sub>00</sub> の発振モードで、共振器に LBO 結晶が内蔵されており、第 2 高調波に変換されている。ビーム径は 2. 2 5 mm である。広がり角は 0. 3 mrad 程度である。反射ミラーを幾つか使用することで、鉛直方向から角度  $\beta$  ずれた方向にレーザビームの進行方向をそれぞれ変換し、照射面にてほぼ 1 つに合成されるように 4 方向から入射させる。前記 4 方向は、それぞれ光軸 A、光軸 B、光軸 C、光軸 D と一致させる。光軸 A と光軸 B、及び、光軸 C と光軸 D は、照射面に対し垂直な平面 A に対し面対称に位置させ、光軸 A と光軸 B とのなす角度、及び、光軸 C と光軸 D の成す角度、をそれぞれ 1 0° とする。また、平面 A と照射面に垂直な平面 B に対して、光軸 A と光軸 C、及び、光軸 B と光軸 D を面対称に位置させ、光軸 A と光軸 B を含む平面 C と、光軸 C と光軸 D を含む平面 D との成す角度を 2 5° とする。

#### 【0 0 4 8】

次に、焦点距離 1 5 0 mm の平凸シリンダリカルレンズ 1 8 1 a、1 8 1 b、1 8 1 c、及び 1 8 1 d を、前記光軸 A、光軸 B、光軸 C、及び光軸 D にそれぞれ 0° 入射させるよう配置する。このとき前記平凸シリンダリカルレンズの集光方向は平面 C または平面 D に含まれる方向とする。前記平凸シリンダリカルレンズ 4 0 1 と照射面との距離はそれぞれの光軸上で測って 1 1 0 ~ 1 2 0 mm の間で調整する。

## 【0 0 4 9】

さらに、焦点距離 2 0 mm の平凸シリンドリカルレンズ 1 8 2 a 及び 1 8 2 b の母線が、前記平面 C 及び平面 D にそれぞれ含まれるように配置する。前記母線は、シリンドリカルレンズの曲面部における、シリンドリカルレンズの平面部から最も離れた場所に位置する母線とする。また、前記、平凸シリンドリカルレンズ 1 8 2 a 及び 1 8 2 b の平面部と、前記平面 C 及び平面 D とは、互いにそれぞれ直交するように配置する。前記平凸シリンドリカルレンズ 1 8 2 と照射面との距離はそれぞれの光軸上で測って約 1 8 mm の辺りで調整する。

## 【0 0 5 0】

以上の配置により、長径 4 0 0  $\mu$  m、短径 2 0  $\mu$  m 程度のサイズの長いビームが 4 つ、照射面において形成される。このままでは、前記照射面において、4 つのビームは完全に 1 つに合成されるので、より長いビームを形成することは出来ないが、各レンズの位置を微調整することで、図 8 (b) に記載したような配置に変換することができる。すなわち、4 つ長いビーム 1 8 5 a、1 8 5 b、1 8 5 c 及び 1 8 5 d の長径を一直線上に配置し、それらを前記直線の方に互いにずらし合わせることで、長いビームをより長いビームとすることができる。これにより、幅 1.5 mm の長結晶粒領域が得られる。

## 【0 0 5 1】

次に、出力 5 0 0 W の CW の LD 励起 YAG レーザ（基本波）を用い、光学系 1 8 4 により 1  $\times$  5 mm の楕円ビーム 1 8 5 e を照射面に形成する。このとき前記 4 つの長いビームを覆うように前記楕円ビーム 1 8 5 e を形成する。用いる光学系 1 8 4 は例えば、図 6 で示した平凸レンズ 1 6 4 のようにレーザビームを平凸レンズに斜め入射させて形成してもよい。あるいは、2 枚のシリンドリカルレンズを直交させて用い、丸のビームを楕円に変換してもよい。ここで重要なのは、決して基本波をレーザ発振器に戻してはならないということである。半導体膜の表面は、多少なりとも反射があることから、レーザビームを照射面に対して垂直に入射させることだけはやってはならない。

## 【0 0 5 2】

以上のようにして形成した長いビームを用い、例えば実施形態 1 で示した X 軸

用の一軸ロボット 1 3 5 と Y 軸用の一軸ロボット 1 3 6 などを用いて遮光膜 1 8 6 が形成された半導体膜 1 8 3 をレーザ照射すればよい。半導体膜は例えば、実施形態 1 で示した方法にて作製すればよい。本実施例を用いる利点は、より長いビームが出来ているので処理時間が短く済み、また、ガウシアンライクのエネルギ分布を持つ長いビームを互いにオーバーラップさせて隣接させることでエネルギー分布を長径方向に均一化できるため、比較的温度のムラが抑えられるので好ましい。

### 【 0 0 5 3 】

#### 【発明の効果】

本発明が開示する遮光膜を用いることで、半導体膜上にエキシマライクな領域を形成することなく、半導体膜を大粒径化するレーザアニールを行うことが可能となる。また、走査ステージの移動に起因する振動が発生させるレーザ照射跡のうねりを遮光膜を用いることで除去することが可能となる。本発明により、基板面内の結晶性の均一性を向上させることができる。本発明を、低温ポリシリコン T F T の量産ラインに適用すれば、動作特性が高く、特性のバラツキを低減した T F T を効率良く生産することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】 レーザアニールを行ったときの結晶状態を表す図。

【図 2】 本発明の手段を説明する図。

【図 3】 本発明が開示するレーザ照射装置の例を示す図。

【図 4】 遮光膜による回折像の光強度を示す図。

【図 5】 汚染防止膜を用いた例を示す図。

【図 6】 レーザ照射装置を構成する光学系の例を示す図。

【図 7】 本発明が開示するレーザ照射装置の例を示す図。

【図 8】 本発明が開示するレーザ照射方法の例を示す図。

### 【 0 0 4 8 】

#### 【符号の説明】

1 3 5 X 軸ステージ

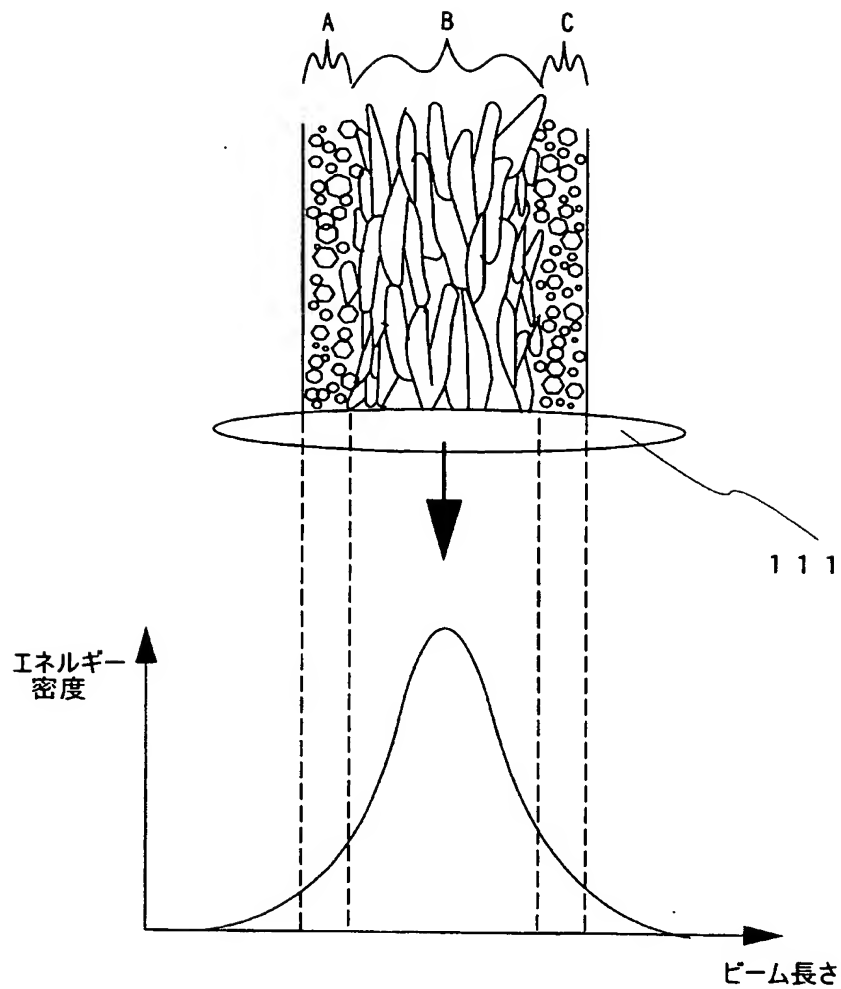
1 3 6 Y 軸ステージ

- 1 3 7  $\theta$  軸ステージ
- 1 4 1 遮光膜
- 1 4 2 半導体膜
- 1 5 1 レーザ光
- 1 5 2 遮光膜
- 1 5 3 汚染防止膜
- 1 5 4 半導体膜
- 1 5 5 レーザ光
- 1 5 6 遮光膜
- 1 5 7 汚染防止膜
- 1 5 8 半導体膜
- 1 7 1 X 軸ステージ
- 1 7 2 Y 軸ステージ
- 1 7 3  $\theta$  軸ステージ

【書類名】

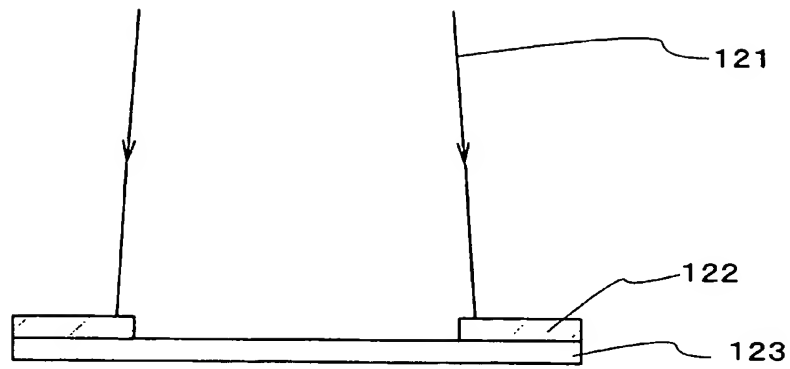
図面

【図 1】

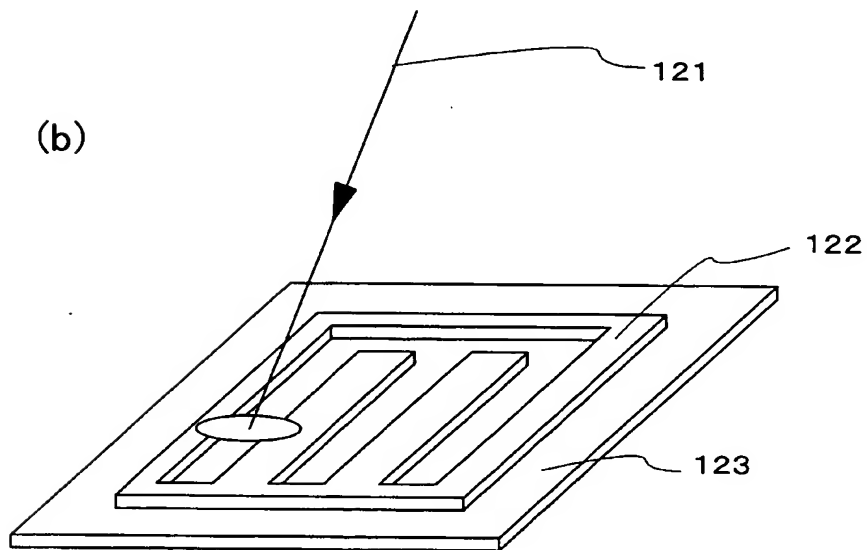


【図 2】

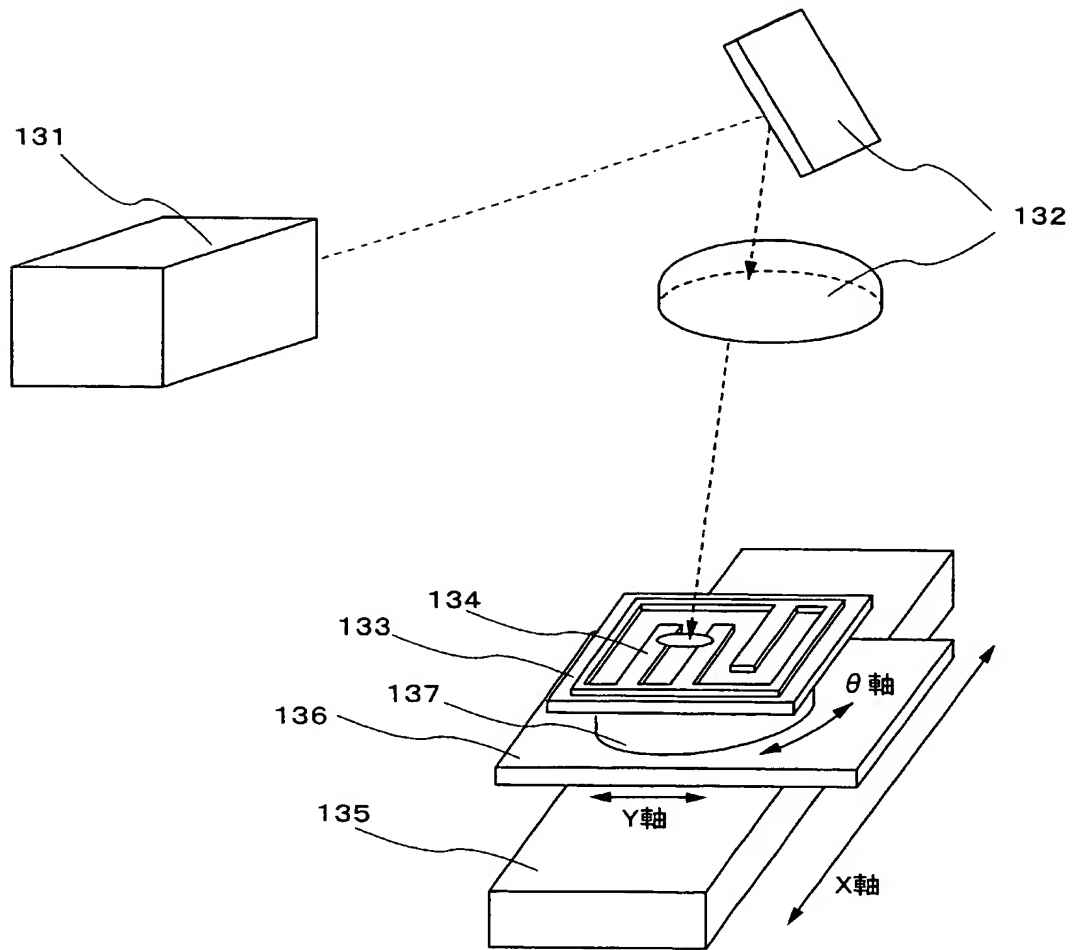
(a)



(b)

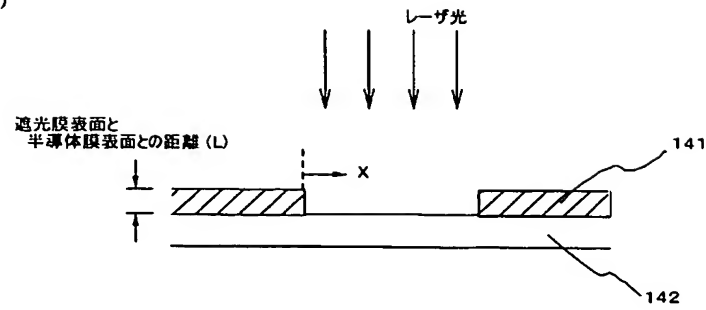


【図 3】

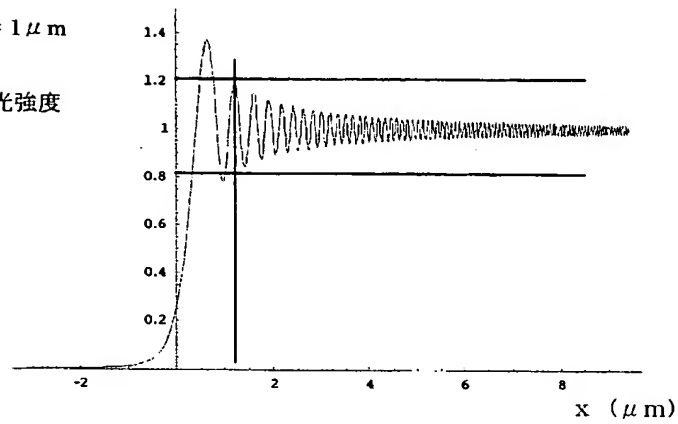


【図 4】

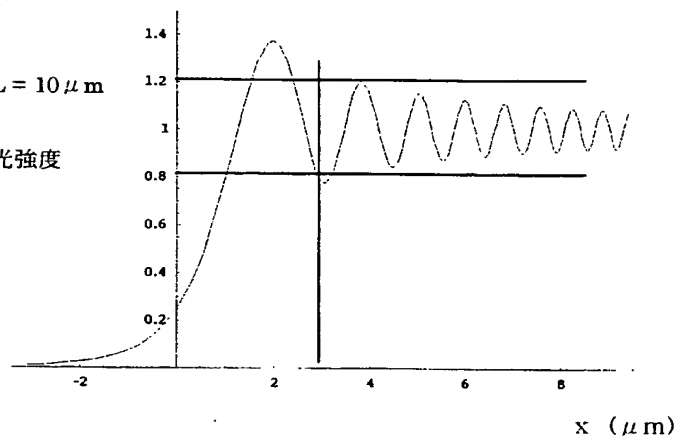
(a)

(b)  $L = 1 \mu\text{m}$ 

回折光強度

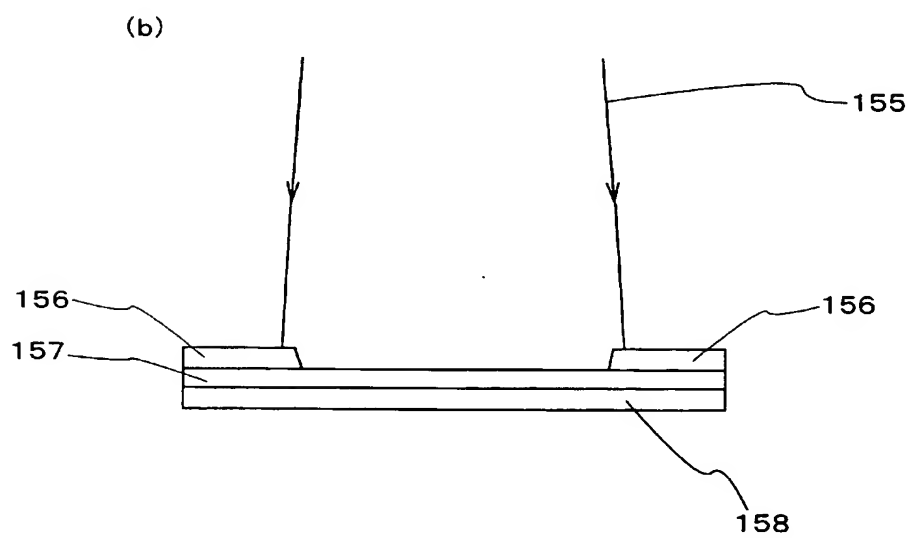
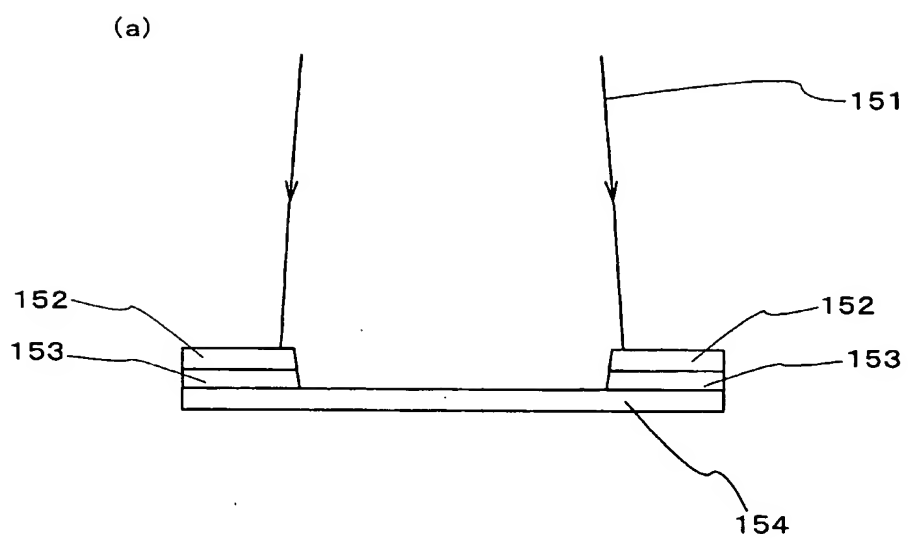
(c)  $L = 10 \mu\text{m}$ 

回折光強度

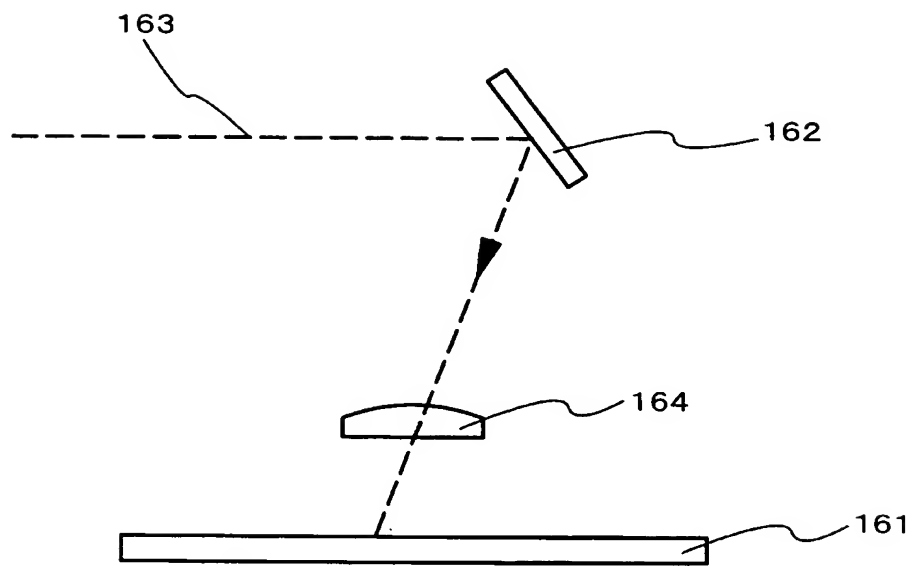




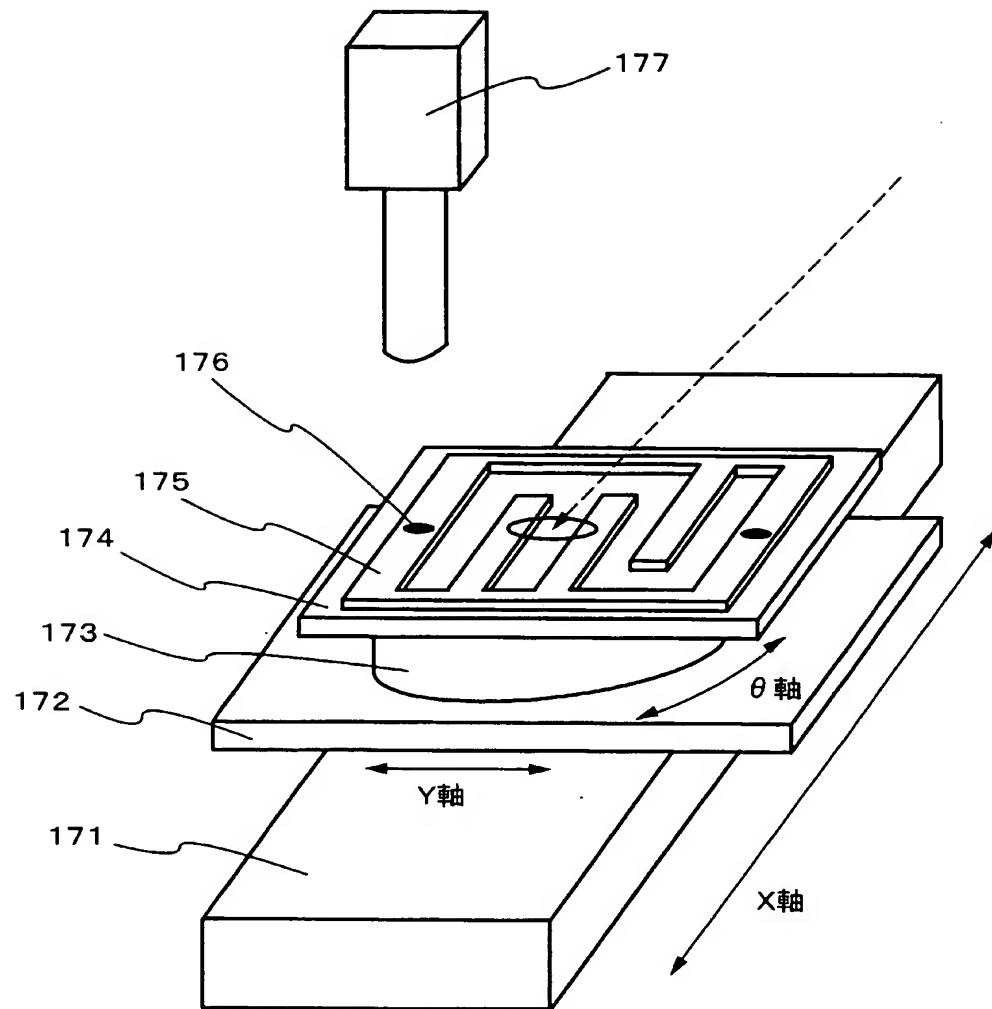
【図 5】



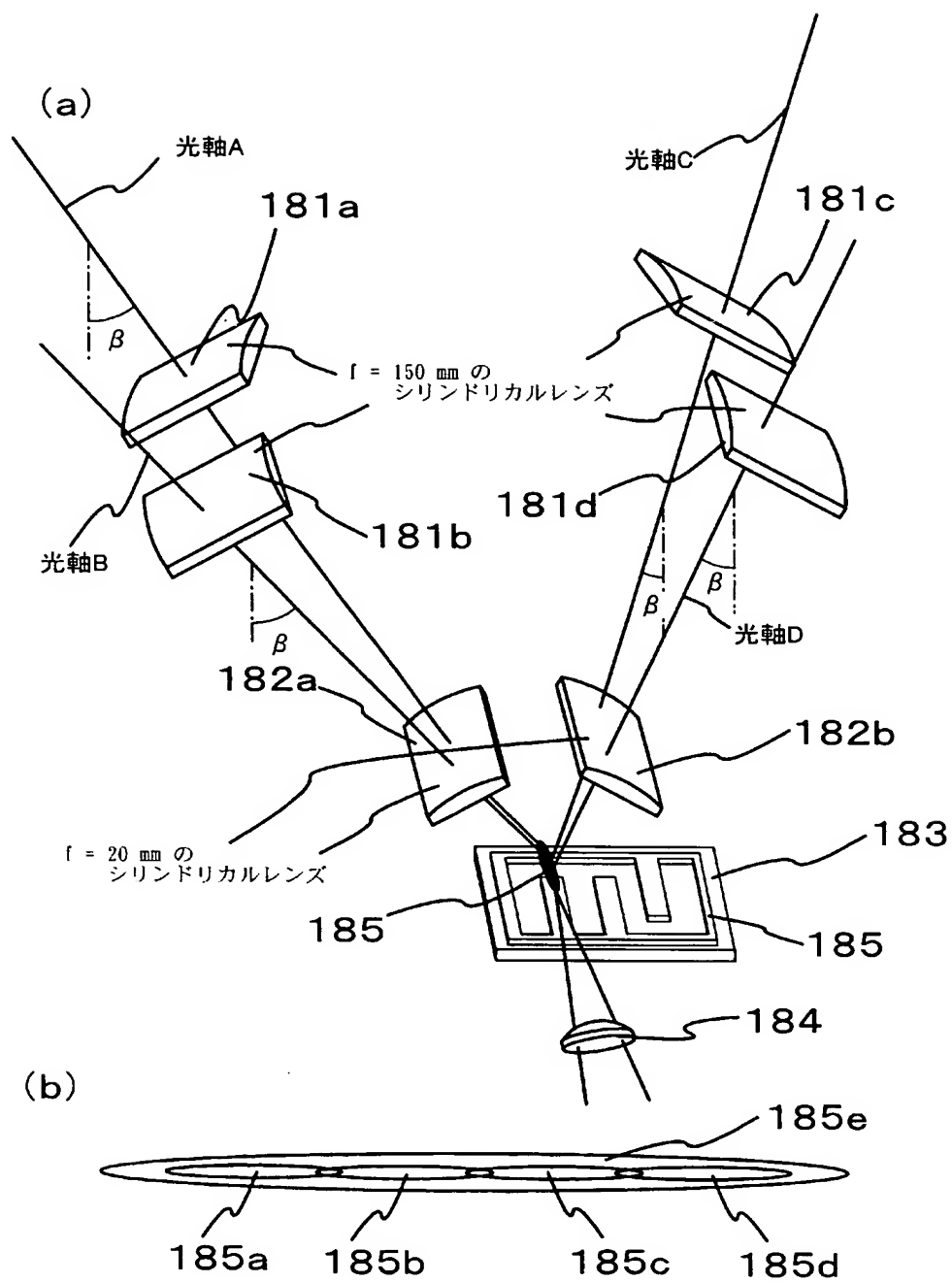
【図 6】



【図 7】



【図 8】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 レーザ照射装置において、走査ステージが高速で移動するため振動が生じる。振動がビームスポットを形成する光学系及び装置を載せた防振台に伝わると、基板上に形成されるレーザ照射跡が直線的でなく振動を反映したうねりをもった形状になる。本発明はこのような振動による照射跡のうねりを抑制することを課題の一つとする。

【解決手段】 被照射面である半導体膜 123 の上方に遮光膜 122 を配置する。遮光膜 122 を配置することで、入射する光線 121 のエネルギー密度が低い部分、つまり、半導体膜に照射した場合にエキシマライク領域を形成する部分を強制的に遮光する。以上のように遮光膜 122 を配置することでエキシマライクな領域を形成することなく半導体膜を大粒径化することが可能となる。なお、遮光膜 122 は回折の影響を小さくするため可能な限り薄い膜を用いるのが好ましい。

【選択図】 図 2

特願 2 0 0 3 - 0 1 2 1 4 7

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 1 5 3 8 7 8 ]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 1 7 日

[変更理由]

新規登録

住 所

神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地

氏 名

株式会社半導体エネルギー研究所